

*unite industrielle generale et special. France*

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 551 181**  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **84 10754**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : F 22 B 33/18; F 22 D 1/40.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 Date de dépôt : 6 juillet 1984.  
③0 Priorité : US, 26 août 1983, n° 526.666.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 9 du 1<sup>er</sup> mars 1985.  
⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *GENERAL ELECTRIC COMPANY.* — US.

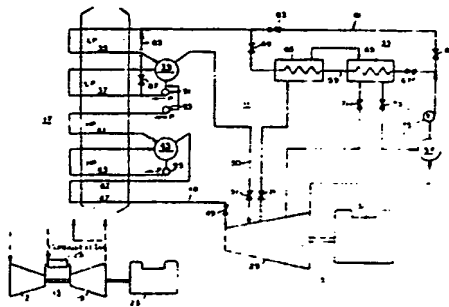
⑦2 Inventeur(s) : Robert William Bjorge.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Alain Catherine, GETSCO.

⑤4 Centrale à cycle mixte et deux combustibles.

⑤7 Centrale à cycle mixte et deux combustibles ayant le meilleur rendement possible quel que soit le combustible utilisé. Elle comprend : une boucle de recirculation d'eau d'alimentation 55 reliant la turbine à vapeur 29 au générateur de vapeur par récupération de chaleur 17, cette boucle de recirculation d'eau d'alimentation comportant au moins un dispositif 65 de chauffage d'eau d'alimentation raccordée pour recevoir de la vapeur d'extraction provenant de la turbine à vapeur; et une boucle 85 de recirculation d'économiseur raccordée à l'évaporateur 37 et à l'économiseur 35 du générateur de vapeur par récupération de chaleur grâce à quoi, pendant les périodes de fonctionnement avec du combustible liquide, la boucle de recirculation d'eau d'alimentation fonctionne pour élever la température de l'eau d'alimentation à l'entrée de l'économiseur et la boucle de recirculation d'économiseur fonctionne pour augmenter le débit à l'entrée de l'économiseur.  
Application aux centrales électriques.



FR 2 551 181 - A1

L'invention concerne de manière générale des centrales à cycle mixte et, en particulier, une centrale à cycle mixte et deux combustibles, aux performances améliorées, capable d'utiliser à la fois des combustibles de distillation (combustible liquide) et du gaz naturel.

Une centrale à cycle mixte utilise une combinaison de turbine à gaz et de turbine à vapeur pour produire de l'énergie, classiquement de l'énergie électrique. La centrale est agencée de manière à ce que la turbine à gaz soit reliée thermiquement à la turbine à vapeur au moyen d'un générateur de vapeur par récupération de chaleur (ou générateur par récupération). Le générateur par récupération est un échangeur de chaleur sans contact qui permet de chauffer l'eau d'alimentation du processus de génération de vapeur par les gaz d'éjection de la turbine à gaz qui autrement seraient inutilisés. Le générateur par récupération est une large canalisation comportant des faisceaux de tubes placés à l'intérieur grâce à quoi l'eau est transformée en vapeur par les gaz d'éjection traversant la canalisation. La principale efficacité de l'agencement en cycle mixte provient, bien entendu, de l'utilisation des gaz d'éjection de la turbine à gaz qui autrement seraient perdus.

Un paramètre clé de l'optimisation de l'efficacité du cycle mixte vient de ce que l'on atteint le rendement le plus élevé pour la température de fumée la plus faible mesu-

rée à l'extrémité de sortie du générateur par récupération. Dans une centrale à cycle mixte et deux combustibles, il existe un facteur de limitation à l'obtention du rendement optimum qui est que l'on doit maintenir une température de surface de tube minimum de manière à empêcher l'apparition de corrosion par le soufre aux extrémités froides sur les faisceaux de tubes. La température d'entrée de l'eau d'alimentation agit sur la température de surface des faisceaux de tubes qui doit être maintenue à une valeur minimum pour empêcher la condensation de certains composés soufrés produits par la combustion des combustibles liquides de distillation. Le point de rosée des composés soufrés corrosifs augmente avec une concentration accrue de soufre dans le combustible. Il n'existe pas une telle limitation pour les combustibles gazeux qui ont une teneur en soufre négligeable.

La méthode classique d'optimisation du rendement d'une centrale à cycle mixte consiste à concevoir un générateur de vapeur par récupération de chaleur et le système de vapeur de manière à ce qu'ils fonctionnent avec une température d'entrée d'eau d'alimentation du générateur et une température de fumée qui empêche la corrosion de surface par transfert de chaleur à basse température proportionnées à la teneur en soufre la plus élevée du combustible qu'il est prévu de brûler dans l'application particulière. Si on brûle un autre combustible, tel que du gaz naturel, ayant une teneur en soufre plus faible, on ne peut abaisser la température de fumée du générateur par récupération pour améliorer l'efficacité même si la concentration en composés soufrés le permet puisque la température d'entrée de l'eau d'alimentation du générateur par récupération est fixe. A l'inverse, si on a conçu le générateur par récupération avec des températures d'entrée d'eau d'alimentation et de fumée proportionnées avec la teneur en composés soufrés la plus faible prévue pour le combustible, on améliorerait le rendement de la centrale; cependant si l'on brûlait du combustible avec

une teneur en soufre plus élevée, la surface de transfert de chaleur du générateur par récupération subirait une corrosion. Ce phénomène est décrit en détails dans le brevet US n° 4.354.347.

5 Le générateur par récupération comporte une série de faisceaux de tubes interconnectés que l'on peut identifier en partant du haut vers le bas (dans le cas d'un trajet vertical des gaz) en économiseur, évaporateur et surchauffeur. Le processus d'échange de chaleur du générateur par  
10 récupération est un processus à contre-courant dans lequel la température des gaz d'éjection chauds diminue à mesure qu'ils s'élèvent dans le générateur tandis que la température du mélange eau-vapeur dans les tubes augmente à mesure que ce mélange descend à contre-courant du flux des gaz  
15 d'éjection chauds.

On remarquera que l'aptitude à fonctionner avec deux combustibles est une propriété fortement souhaitable dans la conception d'une centrale puisqu'elle permettra à l'utilisateur de profiter des disponibilités en combustibles  
20 et des facteurs de coûts. Si l'efficacité opérationnelle maximum n'est pas atteinte dans les deux cas, alors l'attrait de la solution à deux combustibles serait considérablement diminué.

La présente invention a pour buts de :

- 25 - réaliser une centrale à cycle mixte et deux combustibles qui résoud les inconvénients de l'art antérieur;  
- réaliser une centrale à cycle mixte et deux combustibles capable du fonctionnement le plus efficace à la fois en brûlant du combustible liquide et en brûlant du com-  
30 bustible gazeux;  
- réaliser une boucle de recirculation d'eau d'alimentation entre l'installation avec turbine à vapeur et le générateur de vapeur par récupération qui permette, au choix à l'opérateur de préchauffer l'eau d'alimentation pen-  
35 dant le fonctionnement avec du combustible liquide;

- 4 -

- permettre à l'opérateur de dériver le processus de chauffage de l'eau d'alimentation lorsque la centrale fonctionne avec du gaz naturel;

5 - permettre à l'opérateur de la centrale d'effectuer un réglage fin entre la température de l'eau d'alimentation et le débit d'eau de l'économiseur de manière à répondre aux spécifications en ce qui concerne le soufre sans apparition de "vaporisation" dans la section économiseur du générateur par récupération.

10 La mise en oeuvre de la présente invention est effectuée dans une centrale à cycle mixte et deux combustibles. La turbine à gaz fonctionne au choix soit avec du combustible liquide de distillation, soit avec du gaz naturel. Lorsqu'elle fonctionne avec du combustible liquide de dis-  
15 tillation on doit maintenir une température minimum de surface des tubes du générateur par récupération de manière à empêcher la corrosion par le soufre aux extrémités froides. On utilise une boucle de recirculation d'eau d'alimentation pour préchauffer l'eau d'alimentation pendant le fonctionne-  
20 ment avec le combustible liquide et une boucle de recirculation de dérivation chaque fois que la turbine à gaz fonctionne avec du gaz naturel. De plus, une conduite relie l'évaporateur à l'entrée de l'économiseur et sert à augmenter à la fois le débit d'eau de l'économiseur et la tempé-  
25 rature d'eau d'alimentation pendant le fonctionnement avec du combustible liquide. Ce débit d'eau de l'économiseur accru empêche "la vaporisation" qui, autrement aurait lieu avec la température d'eau d'alimentation plus élevée nécessaire pour un fonctionnement sans corrosion avec du combustible liqui-  
30 de. Le chauffage de l'eau d'alimentation dans la boucle de recirculation d'eau d'alimentation s'effectue par extraction de vapeur.

La description qui va suivre se réfère à la figure annexée qui est une représentation schématique d'une centra-  
35 le à cycle mixte comportant une boucle de recirculation

d'eau d'alimentation selon la présente invention.

Une centrale à cycle mixte 11 comprend une installation avec turbine à gaz 13 et une installation avec turbine à vapeur 15 reliées thermiquement par au moins un générateur de vapeur par récupération de chaleur 17. L'installation avec turbine à gaz comporte une turbine à gaz 19 entraînant un compresseur 21 et un générateur électrique 23. On forme un mélange combustible et on le brûle dans une chambre de combustion annulaire dont on a représenté un seul élément de combustion 25. On peut faire fonctionner la chambre de combustion de la turbine à gaz avec du gaz naturel ou avec des combustibles liquides de distillation. En conséquence, on peut considérer que la centrale à cycle mixte est capable de fonctionner avec deux combustibles.

L'installation avec turbine à vapeur comprend une turbine à vapeur 29 qui entraîne un générateur électrique 31. Dans cette configuration dans laquelle il y a deux générateurs électriques entraînés par des moteurs primaires séparés, on peut considérer que la centrale est une centrale à cycle mixte à arbres multiples. En variante, on peut relier les deux moteurs primaires à un générateur unique en un agencement connu sous le nom de centrale à cycle mixte à arbre unique.

Les gaz d'éjection de l'installation à turbine à gaz peuvent être canalisés dans le générateur de vapeur 17 qui peut comporter plusieurs étages de chauffage. Le générateur de vapeur est un échangeur de chaleur à contre-courant, ce qui signifie qu'à mesure que l'eau d'alimentation descend à l'intérieur de la conduite en allant de l'économiseur vers le surchauffeur elle est chauffée, tandis qu'à mesure que les gaz d'éjection montent dans la conduite et donnent de la chaleur ils deviennent plus froids. Les étages de chauffage du générateur par récupération en partant de l'extrémité à faible température vers l'extrémité à température élevée, comprennent un économiseur basse pression 35 et un évapora-

teur basse pression 37 associés à un collecteur 45. En outre, on envoie la vapeur de sortie du collecteur 45 vers le surchauffeur 47 après quoi on l'envoie via la conduite 48 à la turbine à vapeur 29 au moyen de vannes de commande 49 appropriées dont une seule est représenté. Dans un générateur de vapeur par récupération à deux niveaux de pression, comme celui représenté, la vapeur engendrée dans le collecteur est admise dans la turbine à vapeur 29 à un étage intermédiaire via la conduite 50 et les vannes de commande 51 dont une seule est représentée. Bien que l'on ait représenté une seule enveloppe pour la turbine à vapeur, il est bien connu que l'on peut utiliser plusieurs enveloppes.

On met en oeuvre la présente invention de préférence sous la forme d'une boucle de recirculation d'eau d'alimentation 55 qui relie le condensateur-déaérateur 57 de la turbine à vapeur à l'extrémité d'entrée du générateur de vapeur vers l'économiseur basse pression. La boucle de recirculation d'eau d'alimentation est constituée par une boucle de chauffage 59 et une boucle de dérivation 61. La boucle de chauffage 59 peut comporter un ou plusieurs dispositifs 65 de chauffage d'eau d'alimentation et une vanne de sectionnement aval 67 et une vanne de sectionnement amont 69 pour régler le débit d'eau d'alimentation dans la boucle de chauffage. Les dispositifs de chauffage de l'eau d'alimentation peuvent être, par exemple, des échangeurs de chaleur, sans contact, à contre courant. On règle le débit d'entrée de vapeur en provenance de points d'extraction de la turbine basse pression, dans les dispositifs de chauffage d'eau d'alimentation par les vannes de commande d'extraction 71. La vanne 73 règle le débit de vapeur épuisée et d'eau chaude renvoyées au condenseur-déaérateur. La pompe 75 envoie l'eau d'alimentation de la boucle de recirculation d'eau d'alimentation 55 vers le générateur de vapeur. Un avantage de la présente invention provient de ce que la source de fluide de chauffage de la boucle de recirculation d'eau d'alimentation

est la vapeur d'extraction basse pression. Dans les cycles connus antérieurement, tel que celui décrit dans le brevet des USA n° 4.354.347, on chauffe un réchauffeur de vapeur de déaération en utilisant de la vapeur haute pression fournie  
5 par le générateur de vapeur ou par un réservoir de détente associé, ce qui est moins efficace que le soutirage de vapeur d'extraction.

La boucle de dérivation 61 comporte une vanne de sectionnement aval 81 et une vanne de sectionnement amont 83  
10 pour régler le débit de fluide dans la conduite de dérivation pendant les périodes de fonctionnement de la centrale au gaz naturel. On peut automatiser le fonctionnement des soupapes de fermeture à la fois dans la boucle de chauffage et dans la boucle de dérivation ainsi que le fonctionnement  
15 des vannes de commande d'extraction de manière bien connue de l'homme de l'art une fois fixés les objectifs de commande décrits ici.

Une boucle 85 de recirculation d'économiseur est intégrée dans la conduite du générateur de vapeur, reliant  
20 l'entrée de l'évaporateur à l'entrée de l'économiseur. La boucle 85 de recirculation a pour but de fournir un débit d'eau d'alimentation supplémentaire à l'économiseur pendant les périodes de fonctionnement au combustible liquide lorsque la température d'entrée d'eau d'alimentation de l'écono-  
25 miseur doit être augmentée de manière à empêcher l'apparition de "vaporisation" dans l'économiseur. La vanne 87 règle le débit de recirculation de l'évaporateur vers l'économiseur. Le fonctionnement des pompes 91, 93 et 95 se déduit du schéma et du sens du débit indiqué par les flèches.

30 En fonctionnement, la présente invention lorsqu'elle est appliquée à une centrale à cycle mixte et à deux combustibles permet d'obtenir un fonctionnement à rendement élevé en gaz naturel tout en évitant la corrosion d'extrémités froides lors du fonctionnement avec des combustibles de  
35 distillation. De plus, l'utilisation de vapeur d'extraction



2551181

- 8 -

pour chauffer l'eau d'alimentation, au lieu de vapeur d'admission à pression élevé ou de vapeur détendue présente dans un réchauffeur de vapeur de déaération, présente des avantages en termes de rendement thermiques, coûts d'équipement et fiabilité de fonctionnement.

5

R E V E N D I C A T I O N S

1. Centrale perfectionnée à cycle mixte et deux combustibles comportant au moins une turbine à gaz (19) et au moins une turbine à vapeur (29) reliées thermiquement par  
5 au moins un générateur de vapeur par récupération de chaleur (17); le générateur de vapeur par récupération de chaleur comportant au moins un économiseur (35) et au moins un évaporateur (37) raccordés par au moins un collecteur (39); la centrale à cycle mixte pouvant fonctionner au choix avec des  
10 combustibles liquide ou gazeux; centrale caractérisée en ce qu'elle comprend :

- une boucle de recirculation d'eau d'alimentation (55) reliant la turbine à vapeur (29) au générateur de vapeur par récupération de chaleur, cette boucle de recirculation d'eau d'alimentation comportant au moins un dispositif  
15 (65) de chauffage d'eau d'alimentation raccordée pour recevoir de la vapeur d'extraction provenant de la turbine à vapeur; et

- une boucle (85) de recirculation d'économiseur  
20 raccordée à l'évaporateur (37) et à l'économiseur (35) grâce à quoi, pendant les périodes de fonctionnement avec du combustible liquide, la boucle de recirculation d'eau d'alimentation fonctionne pour élever la température de l'eau d'alimentation à l'entrée de l'économiseur et la boucle de recirculation d'économiseur fonctionne pour augmenter le débit à  
25 l'entrée de l'économiseur.

2. Centrale à cycle mixte selon la revendication 1, caractérisée en ce que pendant les périodes de fonctionnement avec du combustible gazeux la boucle (55) de chauffage d'eau d'alimentation et la boucle (85) de recirculation d'économiseur sont toutes les deux fermées.  
30

3. Centrale à cycle mixte et deux combustibles comportant au moins une turbine à gaz (19) et une turbine à vapeur (29) reliées thermiquement par au moins un générateur  
35 de vapeur par récupération (17); la centrale à cycle mixte

- 10 -

fonctionnant au choix avec du combustible liquide ou du combustible gazeux et comportant une boucle (55) de recirculation d'eau d'alimentation reliant la turbine à vapeur et le générateur de vapeur par récupération; centrale caractérisée

5 en ce qu'elle comprend :

- une boucle de chauffage (59) comportant au moins un dispositif (65) de chauffage reliée de manière à recevoir la vapeur d'extraction provenant de la turbine à vapeur et comportant des vannes (67), (69) d'isolement amont et aval; et

10 - une boucle de dérivation, comportant des vannes (81, 83) d'isolement amont et aval, la boucle de chauffage et la boucle de dérivation étant reliées en parallèle; et la boucle de chauffage fonctionnant pendant le fonctionnement avec du combustible liquide; et la boucle de dérivation  
15 fonctionnant pendant le fonctionnement avec du combustible gazeux.

4. Centrale à cycle mixte selon la revendication 3, caractérisé en ce que le générateur de vapeur par récupération de chaleur comprend au moins un économiseur (35) et  
20 au moins un évaporateur (37) raccordés au moyen d'un condenseur (39) et comprend en outre une boucle (85) de recirculation d'économiseur reliée aux entrées de l'évaporateur (37) et de l'économiseur (35) et fonctionnant pendant le fonctionnement avec du combustible liquide pour augmenter le débit dans l'économiseur.  
25

5. Centrale à cycle mixte et deux combustibles comportant au moins une turbine à gaz (19) et au moins une turbine à vapeur (29) reliées thermiquement par au moins un générateur de vapeur par récupération de chaleur (17), le  
30 générateur de vapeur par récupération de chaleur comportant un économiseur basse pression (35), un évaporateur basse pression (37), un condenseur basse pression (39), un économiseur haute pression (41), un évaporateur haute pression (43), un surchauffeur (47) et un condenseur (45) haute pression;  
35 la centrale à cycle mixte fonctionnant au choix avec

- 11 -

du combustible liquide ou un combustible gazeux; centrale caractérisée en ce qu'elle comprend en outre :

- une boucle (55) de recirculation d'eau d'alimentation comportant une boucle de chauffage (59) ayant au moins un dispositif (65) de chauffage d'eau d'alimentation raccordée de manière à recevoir la vapeur d'extraction provenant de la turbine à vapeur pendant le fonctionnement avec du combustible liquide et une boucle de dérivation (85) reliée en parallèle à la boucle de chauffage pour contourner le dispositif de chauffage de l'eau d'alimentation pendant le fonctionnement avec du combustible gazeux; et une boucle (85) de recirculation d'économiseur raccordée à l'entrée de l'évaporateur basse pression (37) et l'entrée de l'économiseur basse pression (35) pour augmenter le débit d'eau dans l'économiseur basse pression pendant le fonctionnement avec du combustible liquide.

6. Centrale à cycle mixte selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'elle comporte en outre :

- une conduite (48) de vapeur haute pression reliant le surchauffeur (47) à la turbine à vapeur (29); et
- une conduite (50) de vapeur basse pression reliant le condenseur basse pression (39) à un étage intermédiaire de la turbine à vapeur (29).

2551181

A12<sup>2</sup>

AS?

Y A4 A83

Y A90 "Agelverde" (for 2nd)

Vessel

perit-  
Schadler

